

表層地盤の震動増幅特性に与える S 波速度比の影響についての検討

中央大学理工学部 正会員 國生剛治
 中央大学理工学部 学生会員 佐藤克晴
 中央大学理工学部 学生会員 ○宮崎亮二

1. はじめに

表層地盤での地震応答特性は、基本的には地盤の層厚、弾性波速度、減衰定数、密度により支配されるが、特に強地震時には、地盤物性の非線形性が重大な影響を及ぼす。現在、独立行政法人防災科学技術研究所の鉛直アレー強震基盤観測網(KiK-net)により全国各地で発生した地震が観測され、数多くの強震、弱震記録が公開されている。そこで本研究ではこれらの強地震動記録を用いて、地盤の振動増幅に与える地盤構造と地盤物性の影響を検討することを目的としている。今回は、2003 年十勝沖地震について、KiK-net により得られた加速度データからスペクトル比と平均 S 波速度比($\bar{V}_s$ 比)の関係を考察した。

2. 表層厚さと $\bar{V}_s$ 比の決め方

各観測点の地盤は基盤の上に複数の層が 1 次元成層構造をなしていると考えられる。そのような 1 次元成層地盤の SH 波による震動増幅特性は基盤と地表層との間の S 波速度の比(V_s 比)に大きく依存することが示されている¹⁾。この際、基盤は地中地震計が設置されている層としており、層厚も大きく、S 波速度の代表値を決めやすいが、地表層は数 10cm～数 m と薄く、その V_s を表層として採用してよいかわりであることが多い。そこで、本研究では以前より V_s 比に代わり、 $\bar{V}_s$ 比をとった整理を行ってきた²⁾。

すなわち、まず地表と基盤での加速度観測記録からフーリエスペクトルを求め、(地表)/(基盤)のスペクトル比を計算し、図-1 に例示するようなスペクトル比のグラフからピーク値での周波数を読み取る。次に表-1 に示すような、地震観測点の柱状図から得られる各層の S 波速度 V_s と層厚 H から平均 V_s ($\bar{V}_s$) を求める。例えば、図-2 に示すような複数の層からなる表層の $\bar{V}_s$ と表層地盤厚さ H は、それぞれ次式により求める。

$$\bar{V}_s = H / \sum_i (H_i / V_{s_i}) \quad H = \sum_i H_i \quad (H_i: \text{各層の層厚}, V_{s_i}: \text{各層の S 波速度})$$

これより、1 次固有振動数 f は $f = \bar{V}_s / 4H$ で求められる。このようにして求めた f を観測スペクトルの各ピーク周波数と比較し、一致度が高い 1 次固有振動数 f の境界層までをその観測スペクトル比のピーク振動数に対応した表層とする。

さらに、柱状図から得られた基盤での V_s を上式により求められた $\bar{V}_s$ で割って、 $\bar{V}_s$ 比を求める。ここで得られた $\bar{V}_s$ 比とは、その観測点における基盤に対する観測スペクトル比の各ピークの原因となる表層の平均的軟らかさを表すパラメーターであり、異なるピークに対しては表層厚さや $\bar{V}_s$ 比も異なることになる。

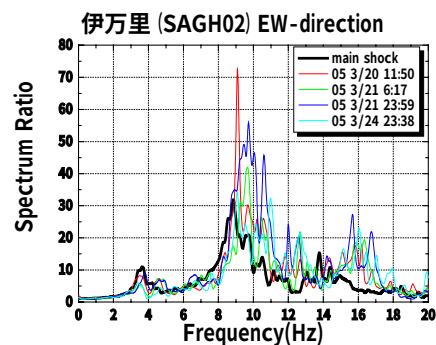


図-1 本震と余震の地表と基盤でのスペクトル比

表-1 地盤データ

伊豆SAGH02	層号	深さ(m)	V_s	平均周波数(Hz)	表層の平均 $\bar{V}_s$
	1	2	180	22500	180000
	2	8	320	8372	267907
	3	42	920	3742	628577
	4	98	1100	2124	832436

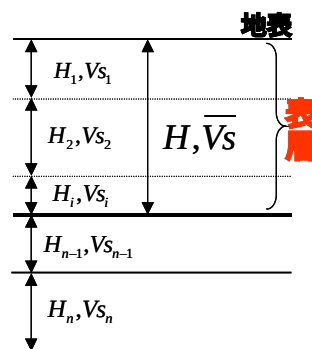


図-2 多層系地盤モデル

キーワード：地震 スペクトル比 S 波速度比

連絡先：〒112-8551 文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部土木工学科 TEL 03-3817-1799 FAX 03-3817-1807

3. 解析結果

<表層厚さの決め方の違いによる考察>

図-3は、十勝沖地震での $\bar{V}_s$ 比とスペクトル比の1次ピーク値、1次以降のピーク値との関係を示している。ここでは通常行われているように、図-1に例示するようなグラフから、1次ピークのみ注目し、柱状図から $\bar{V}_s$ とHを求めた。このように1次ピーク振動数のみで決定した表層の $\bar{V}_s$ 比を用いると、ピークスペクトル比の値は $\bar{V}_s$ 比に対して一応、右上がりの傾向を示すものの、ばらつきの大きい結果が得られる。

それに対し、図-4は図-3と同じデータを用い、各次のピーク毎に異なる表層として $\bar{V}_s$ を算定する方法に基づいている。つまり、図-1に例示するようなグラフから周波数を読み取る際に、1次と1次以降のピーク各々について値を読み取り、それらに対応した $\bar{V}_s$ とHを柱状図から求めた。このグラフから $\bar{V}_s$ 比の増加に伴ってスペクトル比のピーク値も、ピーク次数に関わらず増加する右上がりの傾向を読み取ることが出来る。また、余震が本震に比べて明らかに大きく地盤物性の非線形性の影響が見られる。また、 $\bar{V}_s$ が大きくなるにつれて、スペクトル比の値には頭打ちが見られる。これらの傾向は我々が解析対象としている近年発生した7強地震全てに共通して見られた。従って、今回新しく用いた、1次ピーク値と1次以降ピーク値とで異なる範囲を表層として扱う考え方の方が、ばらつきも生じにくく $\bar{V}_s$ 比とスペクトル比のピーク値の相関関係が見られるので、有用性が高いと考えられる。

4. まとめ

(1) スペクトル比のピーク値は $\bar{V}_s$ 比に対して正の相関を示す。さらに、 $\bar{V}_s$ 比の増加に伴って余震が本震に比べて明らかに大きくなり、地盤物性の非線形性の影響が見られた。つまり $\bar{V}_s$ 比とは、その観測点における基盤に対する表層の平均的軟らかさを表わすパラメーターであるので、表層が基盤に比べて平均的に軟らかい地盤ほど地盤物性の非線形性の影響が強く表われると考えられる。

(2) 各観測点での表層は、通常用いられている表層の決め方よりも今回新しく用いた、スペクトル比の各ピーク周波数と一致度が高い1次固有振動数の境界層までを表層として扱う方法が、全体的にばらつきも小さく有用性が高いと言える。つまり各観測点では、スペクトル比のピーク次数に対応して異なる複数の表層が定義されるべきと考えられる。

<謝辞>

本研究に伴い、ウェブサイトにおいて、KiK-netデータをご提供していただいた、防災科学技術研究所の方々に感謝の意を表します。

<参考文献>

1) 嶋 悦三：SEISMIC MICROZONING MAP OF TOKYO 2) 長尾晋悟：KiK-netを用いた表層地盤の地震応答特性 中央大学理工学部 2004年度 修士論文

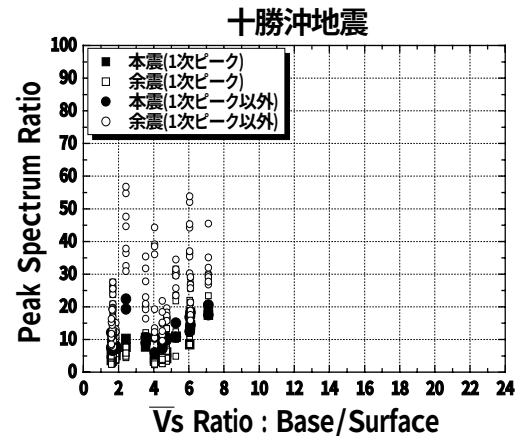


図-3 スペクトル比のピーク値
と $\bar{V}_s$ 比の関係(1)

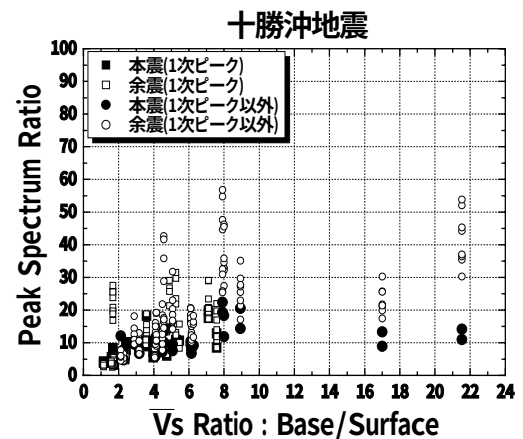


図-4 スペクトル比のピーク値と
 $\bar{V}_s$ 比の関係(2)